

Flüssige Interferon- β Formulierungen

Beschreibung

5

Die vorliegende Erfindung betrifft flüssige Formulierungen von humanem Interferon- β . Die Formulierungen sind dadurch gekennzeichnet, daß sie einen pH-Wert im schwach sauren bis neutralen Bereich zwischen 5 und 8 aufweisen sowie eine hohe Stabilität des Interferon- β in Lösung unter Beibehalt der molekularen Integrität gegeben ist.

10

Natürlich vorkommende Interferone sind speziesspezifische Proteine, teilweise Glykoproteine, die durch unterschiedliche Zellen des Körpers nach Induktion mit Viren, doppelsträngiger RNA, anderen Polynukleotiden sowie Antigenen erzeugt werden. Interferone besitzen zahlreiche biologische Aktivitäten wie z.B. antivirale, antiproliferative sowie immunmodulatorische Eigenschaften. Es sind mindestens 3 unterschiedliche Typen humaner Interferone identifiziert worden, welche durch Leukozyten, Lymphozyten, Fibroblasten sowie Zellen des Immunsystems produziert werden und als α -, β -, γ -Interferone bezeichnet werden. Einzelne Interferontypen können weiterhin in zahlreiche Subtypen unterteilt werden.

15

20

25

30

Natives, menschliches Interferon- β kann durch Superinduktion humaner Fibroblastenzellkulturen mit Poly-IC sowie anschließende Isolierung und Reinigung des Interferon β durch chromatographische und elektrophoretische Techniken industriell hergestellt werden. Proteine oder Polypeptide, welche dem natürlichen Interferon- β vergleichbare Eigenschaften aufweisen, können auch durch rekombinante DNA-Technologien hergestellt werden (EP-A-O 028 033; EP-A- O 041 313; EP-A-O 070 906; EP-A-O 287 075; Chernajovsky et al. (1984) DNA 3, 297-308; McCormick et al. (1984) Mol. Cell. Biol. 4, 166-172). Dabei kann rekombinantes humanes Interferon- β sowohl in eukaryontischen Zellen (z.B. CHO-Zellen) als auch von prokaryon-

tischen Zellen (z.B. E.coli) produziert werden. Die entsprechenden Interferone werden als Interferon- β -1a bzw. Interferon- β -1b bezeichnet. Im Gegensatz zu Interferon- β -1b ist Interferon- β -1a glykosiliert (Goodkin (1994) Lancet 344, 1057-1060).

5

Der therapeutische Einsatz von Interferon- β setzt voraus, daß es in eine galenische Zubereitung gebracht wird, die das Protein über längere Zeit unter Erhaltung der molekularen Integrität lagerfähig macht. Interferon- β ist instabil und unterliegt unterschiedlichen Abbaureaktionen. Hierzu gehören insbesondere die Spaltung von Peptidbindungen, Deamidierung, Oxidation des Methionins zu Methioninsulfid, Disulfidaustausch sowie Veränderungen der Zuckerseitenkette bis hin zur Deglycosilierung.

Aufgrund des therapeutischen Nutzens von Interferonen sind in den vergangenen Jahren eine Reihe von Formulierungen entwickelt worden, die jedoch alle gewisse Nachteile aufweisen. Das US-Patent Nr. 4,647,454 (Inter-Yeda Ltd.) beschreibt eine Formulierung von Fibroblasten Interferon- β , die durch Zusatz von Polyvinylpyrrolidon (PVP) im stark sauren Bereich (pH 3,5) stabilisiert werden kann. Weitere bevorzugte Hilfsstoffe sind Mannitol, Humanserumalbumin sowie Acetatpuffer. Die Formulierung wird gefriergetrocknet und bei 4°C aufbewahrt.

Die japanische Patentschrift 59 181 224 (Sumitomo Chemical Co.) beschreibt eine wässrige Lösung von Interferonen, bei welcher polare Aminosäuren wie Arginin, Asparagin, Glutaminsäure, Glutamin, Histidin, Lysin, Serin sowie Threonin bzw. deren Natriumsalze zusammen mit Humanserumalbumin zur Stabilisierung der Interferone eingesetzt werden.

Die internationale Patentanmeldung WO 95/31213 (Applied Research Systems ARS Holding) beschreibt eine flüssige Formulierung für Interferon- β , die durch Zusatz eines Polyols, bevorzugt Mannitol, und eines nicht-reduzierenden Zuckers oder einer Aminosäure stabilisiert wird. Die

Formulierung enthält weiterhin einen Puffer (Acetatpuffer pH 3,0 bis 4,0) sowie Humanserumalbumin. Während Rezepturen mit einem pH-Wert zwischen 5 und 6 einen sofortigen Verlust an biologischer Aktivität zeigten, sind die in der Patentschrift bevorzugten Rezepturen bei pH-Werten von 3,0
5 sowie 4,0 hinreichend stabil. Die Aussage der Stabilität bezieht sich außerdem nur auf die biologische Aktivität der Formulierung, nicht aber auf die molekulare Integrität des Wirkstoffs.

Die europäische Patentanmeldung EP 0 215 658 (Cetus Corp.) beschreibt
10 eine Formulierung für rekombinantes Interferon- β , in welcher die biologisch aktive Verbindung in einem wässrigen Medium bei einem pH-Wert zwischen 2 und 4 unter Zusatz von Stabilisatoren wie Humanserumalbumin oder Humanplasmaproteinfractionen sowie gegebenenfalls Dextrose gelöst wird. Eine weitere Patentanmeldung der Cetus Corp. (WO 89/05158) beschreibt
15 eine Formulierung für Interferon- β , die bei einem pH-Wert zwischen 2 und 4 als Stabilisatoren entweder Glycerin oder Polyethylenglycopolymere mit einem durchschnittlichen Molekulargewicht zwischen 190 bis 1.600 Dalton einsetzen. Als geeignete Pufferkomponenten werden Glycin, Phosphorsäure sowie Zitronensäure genannt.

20 Die europäische Patentanmeldung EP 0 217 645 (Cetus Corp.) beschreibt pharmazeutische Zubereitungen mit IL-2 oder Interferon- β , die in einem Trägermedium bei pH 7 bis 8 gelöst und unter Zusatz von Natriumlaurat als oberflächenaktive Verbindung stabilisiert sind. Darüber hinaus wird zur
25 Stabilisierung dieser Zubereitungen auch SDS als weitere ionische oberflächenaktive Verbindung benötigt.

Das europäische Patent EP 0 270 799 (Cetus Oncology Corp.) beschreibt eine Formulierung für nichtglycosiliertes rekombinantes Interferon- β in einem
30 inerten Trägermedium auf Wasserbasis, das als Stabilisator nichtionische polymere Detergenzien enthält.

Die europäische Patentanmeldung EP 0 529 300 (Rentschler Biotechnologie GmbH) beschreibt flüssige Interferon- β -Formulierungen, die eine Konzentration von 30 bzw. 70 MU/ml rekombinantes IFN- β , Natriumchlorid und Imidazol- bzw. Natriumphosphatpuffer enthalten sowie einen pH-Wert von 7,5 aufweisen (Beispiel 3). Diese Formulierungen sind für 4 Wochen bei einer Lagertemperatur von 25°C hinsichtlich ihrer biologischen Aktivität stabil. Diese Zusammensetzungen haben jedoch den Nachteil, daß die verwendete Konzentration von Interferon- β (≥ 30 MU/ml) für praktische Anwendungen zu hoch ist. Darüber hinaus findet sich in EP-A-0 529 300 keinerlei Hinweis, daß durch Zusatz von Humanserumalbumin die Stabilität von flüssigen Interferon- β Formulierungen verringert wird. Im Gegenteil wird der Zusatz von Humanserumalbumin als bevorzugt bezeichnet.

Neben Formulierungen für Interferon- β sind auch pharmazeutische Darreichungsformen mit Interferon- α beschrieben. Die europäische Patentschrift 0 082 481 (Schering Corp.) offenbart eine zur Gefriertrocknung bestimmte wässrige Formulierung, die neben einem Phosphatpuffer und Glycin Humanserumalbumin enthält. Als weiterer optionaler Bestandteil wird Alanin genannt. Der pH-Wert der Lösung nach Rekonstitution liegt zwischen 7,0 und 7,4. Eine weitere Patentanmeldung der Schering Corp. (WO 96/11018) offenbart stabile wässrige Lösungen im Interferon- α , die bei einem pH-Wert zwischen 4,5 und 7,1 Chelatbildner (NaEDTA oder Zitronensäure), eine oberflächenaktive Verbindung (Polysorbat 80), ein Isotonisierungsmittel (Natriumchlorid) sowie geeignete Konservierungsmittel wie Methylparaben, Propylparaben, m-Kresol oder Phenol beinhalten. Die offenbarten wässrigen Formulierungen erweisen sich bezüglich der biologischen Aktivität (Standardmethode der Hemmung des zytopathischen Effekts (CPE) eines Virus wie beschrieben bei W.P. Protzman in J. Clinical Microbiology, 1985, 22, S. 596-599) bei 25°C für 6 Monate als stabil (biologische Aktivität $> 90\%$ der Ausgangsaktivität). Eine parallel durchgeführte Bestimmung des Proteingehalts mittels HPLC weist nach 6

Monaten bei 25°C jedoch bereits Gehaltsverluste zwischen 20,2 (Tab.3) oder 32,5% (Tab. 4) aus.

EP-A-0 736 303 (Hoffmann-LaRoche AG) offenbart wäßrige Interferon- α -
5 Zusammensetzungen, die neben einem Interferon- α ein nichtionisches
Detergens, einen Puffer zur Einstellung des pH-Bereiches zwischen 4,5 und
5,5, Benzylalkohol und gegebenenfalls ein isotonisierendes Mittel umfassen.
Bei Bestimmung mittels HPLC wird nach dreimonatiger Lagerung bei 25°C
10 von 84,5 % ermittelt, bei Weglassen des Stabilisators Benzylalkohol sinkt
dieser Wert auf 62,8 %.

EP-A-0 641 567 (Ciba Geigy AG) beschreibt pharmazeutische Zusammen-
setzungen, die Hybrid-Interferon- α und als Stabilisator einen Puffer mit
15 einem pH-Wert zwischen 3.0 und 5.0 enthalten.

Das US-Patent 5,358,708 (Schering Corp.) beschreibt wässrige Formulie-
rungen von Interferon- α , die als Stabilisator Methionin, Histidin oder
Mischungen davon enthalten. Nach zweiwöchiger Lagerung einer Interferon-
20 α Lösung bei 40°C wird eine Abnahme des Wirkstoffgehalts um 20 %
gefunden.

Die oben aufgeführten Formulierungen für Interferone sind aus heutiger
Sicht mit Nachteilen behaftet, da z.B. auf Zusatz von Humanserumalbumin
25 zur Stabilisierung von Proteinen aus Gründen der gestiegenen Anforderun-
gen an die Sicherheit vor Viruskontaminationen durch Blutspender verzichtet
werden sollte. Desweiteren ist für eine Vielzahl der oben beschriebenen
Formulierungen ein Zusatz von Aminosäuren und/oder eine Gefriertrocknung
erforderlich. Gefriergetrocknete Produkte sind jedoch in ihrer Herstellung
30 sehr aufwendig und entsprechend teuer und erfordern durch die Notwendig-
keit zur Rekonstitution einen zusätzlichen Arbeitsschritt, der insbesondere
für Patienten mit eingeschränkter Motorik oftmals nur sehr schwer zu

vollziehen ist. Eine Reihe von Rezepturen weisen unphysiologische pH-Werte unterhalb von 5,0 auf. Obschon derartige Werte nicht gänzlich unüblich sind (siehe auch S. Sweetana und N.J. Aders, Journal of Pharmaceutical Sciences and Technology, 1996, 50: 330-342), muß bei intramuskulärer oder subkutaner Applikation mit schmerzhaften Irritationen gerechnet werden. Die Verwendung von oberflächenaktiven Verbindungen, wie Polysorbat 80, ist entsprechend Sweetana und Akers zwar zulässig, es sind jedoch eine Reihe von Nebenwirkungen insbesondere auch bei Kindern und Neugeborenen beschrieben, die den Einsatz derartiger Hilfsstoffe in Frage stellen. Über die Toxizität von oberflächenaktiven Verbindungen wird zusammenfassend bei Attwood und Florence (Surfactant Systems, their Chemistry, Pharmacy and Biology, Chapman and Hall; London, 1983) berichtet. Eine Übersicht über die Pharmakologie von Polysorbat 80 befindet sich bei R.K. Varma et al. (Arzneim.-Forsch./ Drug Res. 35, 1985, 804-808).

Aufgrund der oben genannten Nachteile, sollte eine optimale Formulierung für Interferon- β folgende Eigenschaften in sich vereinigen:

- Erhalt der biologischen Aktivität über den Lagerzeitraum,
- Erhalt der molekularen Integrität des Wirkstoffmoleküls über den Lagerzeitraum,
- Flüssige Formulierung, Verzicht auf eine teure Gefriertrocknung sowie eine zusätzliche Rekonstitution,
- Verzicht auf risikobehaftete Hilfsstoffe wie Humanserumalbumin oder oberflächenaktive Verbindungen (Detergenzien),
- pH-Wert im neutralen bis schwach sauren Bereich.

Sämtliche Forderungen werden durch die im nachfolgenden Abschnitt genauer beschriebene Erfindung erfüllt.

Überraschenderweise wurde eine Rezepturzusammensetzung gefunden, welche die molekulare Integrität von Interferon- β in flüssiger Form über einen langen Zeitraum in einem physiologischen pH-Bereich zwischen 5 und 8, bevorzugt zwischen größer 5,5 und 8 sicherstellt, ohne auf die als nachteilig
5 bekannten Hilfsstoffe des Standes der Technik zurückgreifen zu müssen.

Ein erster Aspekt der vorliegenden Erfindung ist daher eine flüssige pharmazeutische Formulierung, die humanes Interferon- β als Wirkstoff in einer Konzentration bis zu 25 MU/ml und einen Puffer zur Einstellung eines pH-
10 Werts von zwischen 5 und 8, bevorzugt zwischen größer 5,5 und 8 enthält, frei von Humanserumalbumin ist und eine Langzeitstabilität der biologischen Aktivität (in vitro) von mindestens 80% der Ausgangsaktivität nach Lagerung bei 25°C für 3 Monate aufweist.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung ist eine flüssige pharmazeutische Formulierung, die humanes Interferon- β als Wirkstoff und einen Puffer zur Einstellung eines pH-Werts zwischen 6 und 7,2 enthält, frei von Humanserumalbumin ist und eine Langzeitstabilität der biologischen Aktivität (in vitro) von mindestens 80% der Ausgangsaktivität nach Lagerung bei 25°C für 3
20 Monate aufweist.

Noch ein weiterer Aspekt der Erfindung ist eine flüssige pharmazeutische Formulierung, die humanes IFN- β als Wirkstoff, einen Puffer zur Einstellung eines pH-Werts zwischen 5 und 8, bevorzugt zwischen größer 5,5 und 8
25 und eine oder mehrere Aminosäuren enthält und eine Langzeitstabilität der biologischen Aktivität (in vitro) von mindestens 80% der Ausgangsaktivität nach Lagerung bei 25°C für 3 Monate aufweist.

Die Messung der Langzeitstabilität von flüssigen pharmazeutischen Formulierungen erfolgte bei 25°C. Die Temperatur von 25°C wurde gewählt, um
30 auf der einen Seite eine Beschleunigung von Abbaureaktionen zu bewirken, auf der anderen Seite jedoch keine durch überhöhte Temperaturen bewirk-

ten Artefakte hervorzurufen. Geeignete analytische Methoden zur Bestimmung der Stabilität von Interferon- β sind in den Übersichtsartikeln von J. Geigert (J. Parent. Sci. Technol. 43 (1989), 220-224) oder M.C. Manning, K. Patel und R.T. Borchardt (Pharm. Res. 6 (1989), 903-918) beschrieben.

5

Die Messung der biologischen Aktivität nach der jeweils gewählten Aufbewahrungsdauer erfolgte durch die Standardmethode der Inhibierung des zytopathischen Effekts eines Virus. Eine genaue Beschreibung der verwendeten Testmethode findet sich bei Stewart, W.E. II (1981): The Interferon System (Second, enlarged Edition), Springer-Verlag: Wien, New York; Grossberg, S.E. et al. (1984), Assay of Interferons. In: Came, P.E., Carter W.A (eds) Interferons and their Applications, Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, pp. 23-43. Eine erfindungsgemäße Formulierung weist nach dreimonatiger Aufbewahrung bei 25°C eine biologische Aktivität von mindestens 80%, vorzugsweise von mindestens 85% und besonders bevorzugt von mindestens 90% der Ausgangsaktivität auf.

Vorzugsweise besitzt eine erfindungsgemäße Formulierung nach sechsmonatiger Aufbewahrung bei 25°C eine biologische Aktivität von mindestens 80% und vorzugsweise von mindestens 85% der Ausgangsaktivität.

Auch bei einer Aufbewahrung bei höheren Temperaturen, z.B. 37°C, weisen die erfindungsgemäßen Formulierungen eine überraschend hohe Langzeitstabilität der biologischen Aktivität auf. So wird nach einer einmonatigen Aufbewahrung bei 37°C eine biologische Aktivität von mindestens 70% und vorzugsweise von mindestens 80% der Ausgangsaktivität gefunden.

Die erfindungsgemäßen flüssigen pharmazeutischen Formulierungen sind vorzugsweise frei von Humanserumalbumin und besonders bevorzugt - abgesehen vom Wirkstoff - frei von humanen oder tierischen Polypeptiden insbesondere von Serumproteinen. Weiterhin ist bevorzugt, daß die erfindungsgemäße flüssige pharmazeutische Formulierung frei von

oberflächenaktiven Mitteln, insbesondere frei von ionischen Detergenzien oder/und nichtionischen Tensiden ist.

Die erfindungsgemäßen Formulierungen enthalten als Wirkstoff ein Interferon- β , d.h. ein Polypeptid, welches biologische oder/und immunologische Eigenschaften von natürlichem humanem Interferon- β aufweist und ein natürlich vorkommendes oder rekombinantes Interferon- β sein kann. Vorzugsweise enthält die Formulierung ein glykosiliertes Interferon- β , besonders bevorzugt ein rekombinantes Interferon- β aus CHO-Zellen. Am meisten bevorzugt werden Interferon- β Spezies verwendet, wie sie aus der Zelllinie BIC 8622 (ECACC 87 04 03 01) erhältlich sind und beispielsweise in EP-B-O 287 075 und EP-A-O 529 300 beschrieben sind.

Der Wirkstoff liegt in den erfindungsgemäßen Formulierungen vorzugsweise in einer Konzentration bis zu 25 MU/ml vor. Bevorzugt ist jedoch eine Dosierung im Bereich von 1 bis 25 MU/ml, besonders bevorzugt von 3 bis 20 MU/ml, am meisten bevorzugt 3 bis 10 MU/ml. Diese Dosierungsbereiche erlauben eine unmittelbare Anwendung ohne weitere Verdünnung in Verbindung mit einer besonders guten Stabilität bei erhöhter Temperatur.

Ein weiteres bevorzugtes Merkmal der erfindungsgemäßen flüssigen pharmazeutischen Formulierung ist, daß sie eine chemische Integrität nach Lagerung bei 25°C für 3 Monate und vorzugsweise für 6 Monate aufweist, d.h. daß sie beständig gegenüber Peptidspaltung, Oxidation und Deglykosylierung ist. Die Messung der chemischen Integrität erfolgt durch Peptidmapping, Westernblot sowie Glykosylierungsanalyse. Als chemisch stabil im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung sind Zusammensetzungen zu betrachten, bei welchen das Interferon- β im Anschluß an die Formulierung mindestens 85%, vorzugsweise mindestens 90% der chemischen Integrität bei den gewählten Lagerungsbedingungen beibehält.

Ein weiteres bevorzugtes Merkmal der erfindungsgemäßen flüssigen pharmazeutischen Formulierungen ist eine physikalische Integrität nach Lagerung bei 25°C für 3 Monate und vorzugsweise für 6 Monate. Dabei wird die physikalische Integrität durch Messung der Transmission bei 420 nm sowie durch visuelle Betrachtung der Lösungen gemessen. Als physikalisch stabil sind diejenigen Lösungen anzusehen, deren Transmission über 90%, vorzugsweise über 93% bei den gewählten Lagerungsbedingungen liegt, und bei welchen keine Trübung bei visueller Betrachtung festgestellt werden kann.

Durch die vorliegende Erfindung können überraschenderweise flüssige Formulierungen von Interferon- β bereitgestellt werden, die über einen langen Zeitraum biologisch, chemisch und physikalisch stabil sowie frei von unerwünschten Inhaltsstoffen wie etwa Humanserumalbumin oder oberflächenaktiven Mitteln sind. Die erfindungsgemäßen Formulierungen enthalten neben dem Wirkstoff einen Puffer, der vorzugsweise in einer Konzentration von 10 mmol/l bis 1 mol/l, besonders bevorzugt in einer Konzentration von 20 mmol/l bis 200 mmol/l, z.B. ca. 50 mmol/l bis 100 mmol/l vorliegt und dazu dient, den pH-Wert der Formulierung im Bereich von 5 bis 8, bevorzugt von größer 5,5 bis 8 und stärker bevorzugt zwischen 6 und 7,4 zu halten. Besonders bevorzugt ist ein pH-Bereich zwischen 6 und 7,2 und am meisten bevorzugt zwischen 6,2 und 6,8, da hier eine besonders hohe Stabilität unter Beibehalt der molekularen Integrität erreicht wird. Der Puffer wird aus pharmazeutisch akzeptablen Puffern ausgewählt, z.B. Borat-, Succinat-, L-Malat-, TRIS-, Salicylat-, Glycylglycin-, Triethanolamin-, Isocitrat-, Maleat-, Phosphat-, Citrat- und Acetatpuffer oder Mischungen davon. Bevorzugt verwendet man Phosphat-, Citrat- und Acetatpuffer oder Mischungen davon, besonders bevorzugt Phosphat/Citratpuffer.

Die erfindungsgemäße Formulierung kann neben dem Wirkstoff und dem Puffer weitere physiologisch verträgliche Hilfsstoffe enthalten, beispielsweise Hilfsstoffe zur Anpassung der Tonizität an die Tonizität des Blutes

oder Gewebe, z.B. nichtreduzierende Zucker, Zuckeralkohole wie Mannit, Sorbit, Xylit oder Glycerin. Außerdem können der erfindungsgemäßen Formulierung eine oder mehrere Aminosäuren wie z.B. Alanin, Arginin, Glycin, Histidin oder/und Methionin zur weiteren Erhöhung der chemischen Stabilität zugesetzt werden. Bevorzugt ist hierbei Methionin. Die Konzentration von Methionin liegt vorzugsweise im Bereich von 0,1 bis 4 mmol/l. Besonders bevorzugt ist eine Konzentration von 2 mmol/l. Weiterhin kann die Zusammensetzung Verdickungsmittel zur Viskositätserhöhung, z.B. für ophthalmologische Zwecke, enthalten. Beispiele für geeignete Verdickungsmittel sind ophthalmologisch geeignete Polymere, z.B. Carbopol, Methylcellulose, Carboxymethylcellulose etc.

Darüber hinaus kann die erfindungsgemäße Zusammensetzung auch Konservierungsmittel enthalten. Für ophthalmologische Zwecke kann beispielsweise Thiomersal in einer Menge von 0,001 bis 0,004 % (Gewicht/Volumen) zum Einsatz kommen.

Die Erfindung betrifft weiterhin pharmazeutische Präparate, die eine flüssige Interferon- β enthaltende Formulierung wie oben beschrieben enthalten. Diese pharmazeutischen Präparate sind insbesondere für die orale, parenterale oder ophthalmologische Applikation geeignet. Die Formulierungen liegen vorzugsweise in Einzeldosen von 1 bis 25 MU IFN- β vor. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung derartiger pharmazeutischer Präparate, wobei man eine erfindungsgemäße Formulierung und gegebenenfalls weitere galenisch notwendige Hilfsstoffe zubereitet und in eine geeignete Darreichungsform bringt.

Die erfindungsgemäße Formulierung kann in geeigneten, gewaschenen sowie sterilisierten Glasvials (hydrolytische Klasse 1) mit pharmazeutisch akzeptablen Gummistopfen gelagert werden.

Desweiteren können erfindungsgemäße Formulierungen auch aseptisch in Fertigspritzen oder aber in Karpulen zum Einsatz in Selbstinjektionssystemen abgefüllt und eingesetzt werden. Die wässrigen Lösungen können - obwohl dies nicht bevorzugt ist - durch Zusatz weiterer, dem Fachmann bekannter Hilfsstoffe gefriergetrocknet werden und stehen dann nach Rekonstitution in flüssiger Form zur Verfügung.

Unter Zusatz von geeigneten Konservierungsmitteln können flüssige Mehrfachdosisarzneiformen sowie Augentropfenlösungen und Tropflösungen zur oralen Applikation hergestellt werden.

Die zur Herstellung der entsprechenden Darreichungsformen noch zusätzlich benötigten Hilfsstoffe sind dem Fachmann bekannt.

Schließlich betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Verbesserung der Haltbarkeit einer flüssigen Formulierung, die humanes Interferon- β als Wirkstoff und einen Puffer zur Einstellung eines pH-Werts von 5 bis 8, bevorzugt von größer 5,5 bis 8 enthält, dadurch gekennzeichnet, daß man eine Formulierung ohne Human-serumalbumin oder/und mit einer oder mehreren Aminosäuren verwendet. Die Verbesserung der Haltbarkeit umfaßt eine Verbesserung der Langzeitstabilität der biologischen Aktivität (in vitro), der chemischen Integrität oder/und der physikalischen Integrität wie vorstehend angegeben.

Weiterhin wird die Erfindung durch die nachfolgenden Beispiele erläutert.

Beispiele

In allen Beispielen wurde ein aus CHO-Zellen gewonnenes Interferon- β verwendet.

1. Langzeitstabilität von flüssigen Interferon- β Formulierungen bei 25°C

Es wurden folgende Formulierungen getestet:

- Formulierung 1: 50 mmol/l Natriumcitrat pH 5,0
- Formulierung 2: 50 mmol/l Natriumcitrat, 50 mmol/l, Natriumphosphat
pH 7,0, 15 mg/ml Humanserumalbumin, 2 mmol/l
Methionin, 50 mg/ml Glycerin
- 5 Formulierung 3: 50 mmol/l Natriumcitrat, 50 mmol/l Natriumphosphat
pH 7,0, 50 mg/ml Glycerin, 2 mmol/l Methionin
- Formulierung 4: 50 mmol/l Natriumcitrat, 50 mmol/l Natriumphosphat
pH 7,0, 2 mmol/l Methionin
- Formulierung 5: 50 mmol/l Natriumcitrat, 50 mmol/l Natriumphosphat
10 pH 7,0
- Formulierung 17: 70 mmol/l Natriumcitrat, 50 mmol/l Natriumphosphat,
2 mmol/l Methionin, pH 6,5

Die Formulierungen wurden auf einen Gehalt von ca. 10 bis 15 MU/ml (d.h.
15 10 bis 15 x 10⁶ I.E./ml) verdünnt.

Die Formulierungen wurden mit Ausnahme von Formulierung 17 (s.u.) in
Glasvials der hydrolytischen Klasse 1 (DIN 2R Vials), die mit handelsüb-
lichen Chlorbuthylgummistopfen verschlossen waren, bei 25°C für die
20 angegebene Zeitdauer gelagert. Die Bestimmung der biologischen Aktivität
(in vitro) erfolgte, wie beschrieben bei Stewart, W.E. II (1981): The
Interferon System (Second, enlarged edition) Springer-Verlag: Wien, New
York; Grossberg, S.E. et al. (1984) Assay of Interferons. In: Came, P.E.,
Carter W.A. (eds.) Interferons and their Applications, Springer-Verlag:
25 Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, pp. 23-43.

Die Ergebnisse sind in den Tabellen 1 bis 5 dargestellt. Bei "% (Ref)"
handelt es sich um die Angabe der biologischen Aktivität bezogen auf die
biologische Aktivität einer bei -20°C für den angegebenen Zeitraum
30 gelagerten Referenzprobe. Bei "% (OMo)" handelt es sich um die prozentu-
ale biologische Aktivität bezogen auf den Ausgangswert bei 0 Monaten.

Tabelle 1 (Formulierung 1):

Monate	Wirkstoffgehalt			
	MU/mL		Recovery (25°C)	
	-20°C	25°C	% (Ref.)	% (0Mo.)
0	11,0	11,0	100	100
1	10,0	9,8	98	89
2	9,7	11,0	113	100
3	10,0	10,6	106	96
4	10,3	9,5	92	86
5	9,5	9,7	102	88
6	10,5	10,2	97	93

Tabelle 2 (Formulierung 2):

Monate	Wirkstoffgehalt			
	MU/mL		Recovery (25°C)	
	-20°C	25°C	% (Ref.)	% (0Mo.)
0	13,9	13,9	100	100
1	14,0	11,9	85	86
2	13,0	11,6	89	83
3	13,1	9,6	73	69
4	12,5	8,8	70	63
5	11,0	8,2	75	59
6	13,3	8,4	63	60

Tabelle 3 (Formulierung 3):

Monate	Wirkstoffgehalt			
	MU/mL		Recovery (25°C)	
	-20°C	25°C	% (Ref.)	% (0Mo.)
0	12,5	12,5	100	100
1	9,4	10,0	106	80
2	8,3	11,5	139	92
3	7,8	11,8	151	94,4
4	6,8	10,3	151	82,4
5	6,6	11,2	170	89,6
6	7,8	13,4	172	107,2

Tabelle 4 (Formulierung 4):

Monate	Wirkstoffgehalt			
	MU/mL		Recovery (25°C)	
	-20°C	25°C	% (Ref.)	% (0Mo.)
0	11,4	11,4	100	100
1	10,5	10,2	97	89
2	11,9	11,1	93	97
3	10,8	10,0	93	88
4	10,4	9,3	89	82
5	11,6	8,4	72	74
6	12,4	9,5	77	83

Tabelle 5 (Formulierung 5):

Monate	Wirkstoffgehalt			
	MU/mL		Recovery (25°C)	
	-20°C	25°C	% (Ref.)	% (0Mo.)
0	11,3	11,3	100	100
1	11,0	9,7	88	86
2	11,7	10,1	86	89
3	11,1	10,2	92	90
4	11,3	10,2	90	90
5	12,0	9,2	77	81
6	11,0	9,7	88	86

Aus den obigen Tabellen ist ersichtlich, daß Formulierungen, die kein Humanserumalbumin enthalten (Formulierungen 1, 3, 4, 5), überraschenderweise eine bessere Stabilität als eine Humanserumalbumin enthaltende Formulierung (Formulierung 2) aufweisen.

Bei Formulierung 17 (s.o.) wurde eine Interferonlösung ohne Humanserumalbumin unter aseptischen Bedingungen auf eine Aktivität von 6 MU/0,5 ml eingestellt. Die farblose, klare Lösung wurde anschließend steriltriiert und zu je 0,5 ml in vorsterilisierten Einmalspritzen abgefüllt und verschlossen. Die Fertigspritzen wurden bei 25°C gelagert und auf Klarheit, pH-Wert sowie biologische Aktivität untersucht. Dabei ergaben sich folgende Resultate:

Lagerung in Mona- ten	pH- Wert	Klarheit [%]	MU/Spritze		Recovery (25°C)	
			-20°C	25°C	%(Ref.)	%(OMo.)
0	6,5	99,5	6,3	6,3	100	100
3	6,5	99,1	5,6	6,1	108	97

2. Langzeitstabilität von flüssigen IFN-β Formulierungen bei 37°C

Es wurden folgende Formulierungen in Fertigspritzen getestet:

Formulierung 6: 50 mmol/l Natriumcitrat, 50 mmol/l Natriumphosphat
pH 7,0, 2 mmol/l Methionin

Formulierung 7: 50 mmol/l Natriumcitrat pH 5,0, 18 mg/ml Glycerin, 2
mmol/l Methionin

Formulierung 8: 50 mmol/l Natriumcitrat pH 5,0, 18 mg/ml Glycerin, 15
mg/ml Humanserumalbumin, 2 mmol/l Methionin

Formulierung 9: 50 mmol/l Natriumcitrat pH 6,0, 18 mg/ml Glycerin, 2
mmol/l Methionin

Formulierung 10: 50 mmol/l Natriumcitrat pH 6,5, 18 mg/ml Glycerin, 2
mmol/l Methionin

Die Formulierungen wurden in Dosisstärken von 3 MU pro 0,5 ml (Dosis-
stärke 3), 6 MU pro 0,5 ml (Dosisstärke 6) und 12 MU pro ml (Dosisstärke
12) getestet.

Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6

Lagerung in Monaten	Dosisstärke 3										Dosisstärke 6										Dosisstärke 12									
	Formulierung										Formulierung										Formulierung									
	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1	71	80	61	74	69	72	85	63	86	84	72	85	63	86	84	87	88	71	76	84	87	88	71	76	84	87	88	71	76	84
2	51	82	33	74	85	61	81	43	80	76	61	81	43	80	76	69	88	48	77	81	69	88	48	77	81	69	88	48	77	81
3	44	76	23	63	65	48	64	36	73	69	48	64	36	73	69	66	72	35	80	81	66	72	35	80	81	66	72	35	80	81
4	33	51	16	61	61	46	65	26	84	-	46	65	26	84	-	-	64	24	78	79	-	64	24	78	79	-	64	24	78	79

Aus den Ergebnissen von Tabelle 6 ist ersichtlich, daß die erfindungsgemäßen Formulierungen ohne Humanserumalbumin überraschenderweise eine verbesserte Stabilität bei 37°C aufweisen.

5 3. Chemische Stabilität bei 25°C

Um die chemische Stabilität flüssiger Formulierungen von IFN-β zu untersuchen, wurden 7 Ansätze formuliert und bei 25°C eingelagert. Nach 3 bzw. 6 Monaten erfolgte eine Charakterisierung des Proteins mittels eines
10 Lys-C-Mappings und einer kompletten Kohlenhydratanalytik. Ein spezielles Augenmerk wurde auf die Bildung von Methionin-Sulfoxid und die Desialyierung gelegt.

Außer Formulierung 10 (s.o.) wurden folgende Formulierungen getestet:

15

Formulierung 11: 50 mmol/l Natriumcitrat, 50 mmol/l Natriumphosphat, 2 mmol/l Methionin pH 7,0 bis 7,2

Formulierung 12: 50 mmol/l Natriumcitrat, 50 mmol/l Natriumphosphat pH 7,0 bis 7,2

20 Formulierung 13: 50 mmol/l Natriumcitrat, 18 mg/ml Glycerin, 2 mmol/l Methionin, pH 5,0 bis 5,2

Formulierung 14: 50 mmol/l Natriumcitrat, 18 mg/ml Glycerin, pH 5,0 bis 5,2

Formulierung 15: 50 mmol/l Natriumcitrat, 15 mg/ml Humanserumalbumin (Medical Grade), 18 mg/ml Glycerin, 2 mmol/l Methio-
25 nin, pH 5,0 bis 5,2

Formulierung 16: 50 mmol/l Natriumcitrat, 15 mg/ml Humanserumalbumin (Medical Grade), 18 mg/ml Glycerin, pH 5,0 bis 5,2 (Vergleich)

30

Der Gehalt an IFN-β lag bei allen Ansätzen zwischen 10 und 11 MU/ml.

Testdurchführung

Für die Durchführung der Analytik war eine Aufkonzentrierung der Proben notwendig. Zudem mußte bei den Ansätzen 15 und 16 das Humanserumalbumin entfernt werden. Deshalb wurden die Ansätze über eine Anti- β -
5 Chromatographiesäule gegeben. Das Ausgangsvolumen pro Ansatz betrug 32 ml. Die Ansätze 13 bis 16 wurden durch Zugabe von 2,1 ml 0,4 mol/l Na_2HPO_4 und 2,1 ml 0,4 mol/l Na_3PO_4 vor der Anti- β -Chromatographie neutralisiert.

10

Für die Immunadsorption von Interferon- β an einem monoklonalen Antikörper gegen Interferon- β (B02 Sepharose 6B, cross linked von der Firma Celltech) wurde eine Chromatographiesäule C10 (Firma Pharmacia) mit 5 ml B02-Sepharose gepackt und 3 mal mit je 5-10 Gelvolumina PBS, 0,1 mol/l
15 Natriumphosphat pH 2,0 und PBS/1 mol/l KCl, mit einer linearen Flußrate von 1,0 cm/min gespült.

Der Auftrag von ca. 32 ml der Interferon/HSA haltigen Lösung erfolgte mit einer linearen Flußrate von 0,5 cm/min.

20

Die Waschung erfolgte mit 10 Gelvolumina PBS/1 mol/l KCl mit einer linearen Flußrate von 1 cm/min bis zum Abfall der OD auf die Grundlinie. Die Elution erfolgte mit ca. 1-2 Gelvolumina 0,1 mol/l Natriumphosphat pH 2,0 mit einer linearen Flußrate von 1 cm/min. Interferon- β wird dabei als einzelner
25 Peak in hoher Reinheit erhalten. Dieses Eluat ist für die sich anschließende Proteincharakterisierung geeignet.

Durchführung der Analytik

1. Lys-C-Mapping

- 5 Mit dem Enzym Endoproteinase Lys-C aus *Achromobacter* (AP) wird Interferon- β unter reduzierenden Bedingungen am C-terminalen Ende von Lysin in 12 Peptide gespalten.

- 10 In ein Eppendorf-Reaktionsgefäß wurden 50 μ l Eluat aus der Anti- β -Chromatographie (12,5-50 μ g Interferon- β) gegeben und mit 5 μ l 2 mol/l TRIS versetzt. Dazu wurde Endoproteinase der Firma Wako in einem Enzym/Substratverhältnis von 1:10 zugegeben (Endoproteinase Lys-C-Lösung in 50 mmol/l TRIS/HCl, pH 9,0) Die Lösung wurde gemischt und bei 30°C 2 Stunden inkubiert. Danach erfolgte eine Zugabe von 5 μ l 0,1 mol/l
15 DTT zum Ansatz.

- Die Auftrennung der Peptide erfolgte über eine Reversed Phase Säule (Vydac C18, 300 Å, 5 μ m, 2,1 mm) an einer HPLC-Anlage HP 1090 M-Serie mit Diodenarraydetektor bei 214 nm, wobei ein Gradient aus A: 0,1% (v/v) TFA und B: 0,1% (v/v) TFA/70% (v/v) Acetonitril verwendet wurde. Die
20 Peptide wurden in der Reihenfolge ihrer Retentionszeiten durchnummeriert und sind folgenden Sequenzen zugeordnet.

SEQ. ID. NO	Peptid	P sition	Sequ nz
1	AP1	109-115	EDFTRGK
2	AP2	100-105	TVLEEK
3	AP3	46-52	QLQQFQK
4	AP4(ox)	116-123	LM(ox)SSLHLK
5	AP4	116-123	LMSSLHLK
6	AP6(ox)	34-45	DRM(ox)NFDIPEEIK
7	AP5	124-134	RYYGRILHYLK
8	AP6	34-45	DRMNFDIPEEIK
9	AP7	20-33	LLWQLNGRLEYCLK
10	AP8(ox)	1-19	M(ox)SYNLLGFLQRSSNFQCQK
11	AP8	1-19	MSYNLLGFLQRSSNFQCQK
12	AP9	137-166	EYSHCAWTIVRVEILRNIFYFINRLTGYLRN
13	AP10(ox)	53-99	EDAALTIYEM(ox)LQNIFAIFRQDSSS TGWNETIVENLLANVYHQINHLK
14	AP10	53-99	EDAALTIYEMLQNIFAIFRQDSSS TGWNETIVENLLANVYHQINHLK

Literatur:

Utsumi et al. (1989). Characterization of four different mammalian-cell-derived recombinant human interferon- β 1. Eur. J. Biochem. 181, 545-553.

Utsumi et al. (1988): Structural characterization of fibroblast human interferon- β 1. J. Interferon Res. 8, 375-384

Allen, G. (1981): Laboratory techniques in biochemistry and molecular biology. Sequencing of proteins and peptides. Elsevier Verlag.

Castagnola et al. (1988): HPLC in Protein sequence determinations. J. Chromatography 440, 213-251.

In den mit (ox) bezeichneten Peptiden liegt die Aminosäure Methionin als Methioninsulfoxid vor. Die Quantifizierung beruht auf der Bestimmung des Anteils der Peakfläche des oxidierten Peptides zur Gesamtfläche aus intaktem Peptid und oxidiertem Peptid. Die Anteile an oxidierten Methioninen sind in frischen Präparationen von Interferon- β sehr gering. Während der Lagerung nimmt dieser Anteil je nach Lagerbedingungen (Puffer, pH-Wert, Temperatur etc.) mehr oder weniger stark zu. Diese Veränderung ist nicht gewünscht, da sie zur Instabilität des Interferon- β -Moleküls beiträgt bzw. die in vivo Eigenschaften signifikant beeinflussen kann.

Der Anteil der oxidierten Peptide AP4(ox), AP6(ox), AP8(ox) und AP10(ox) ist somit ein wichtiges Kriterium zur Bewertung der chemischen Integrität des Interferon- β -Moleküls in einer flüssigen Formulierung.

2. Kohlenhydratbestimmung

Im ersten Schritt wurden die Oligosaccharide vom Polypeptid abgetrennt und entsalzt.

Etwa 0,7 ml des Eluats der Anti- β -Chromatographie wurden in einem Dialyseschlauch (6 mm Durchmesser Sigma No. D-9277) gegen 500 ml Dialysepuffer (0,05 mol/l Natriumphosphat, 0,10 mol/l NaCl, pH 7,25) unter leichtem Rühren 16-20 Stunden bei Raumtemperatur dialysiert. Danach wurde der Schlauch an einem Ende aufgeschnitten und der Inhalt in ein Eppendorf-Reaktionsgefäß gestreift. Das Probenvolumen betrug nach der Dialyse 1 ml.

Zu der dialysierten Probe wurden 20 μ l Tween 20 (10%ig) und 15 μ l N-Glycosidase-F-Lösung (Boehringer Mannheim) pipettiert. Dieses Gemisch

wurde 24 Stunden bei 37°C inkubiert. Nach Abschluß der Inkubation wurde bei 10.000 U/min 10 min zentrifugiert, über 0,45 µm filtriert und anschließend über eine Entsalzungssäule (HR 10/10 Pharmacia No. 17-0591-01) mit einem isokratischen Gradienten (Eluent A: destilliertes Wasser) mit einem Fluß von 1,0 ml/min chromatographiert und fraktioniert. Die Detektion der freien Oligosaccharide erfolgte bei 206 nm.

Im zweiten Schritt wurden die freigesetzten Oligosaccharide über einen Ionenaustauscher aufgetrennt nach der Anzahl ihrer Sialinsäurenreste differenziert.

Die im Eluat der Entsalzungssäule, ca. 2 ml, enthaltenen Oligosaccharide wurden an einen Anionenaustauscher (Mono Q HR 5/5, Pharmacia No. 17-0546-01) gebunden. Die Asialoformen finden sich im Durchlauf. Mit Hilfe eines flachen NaCl-Gradienten eluierten Monosialo-, Disialo- und Trisialoformen in der angegebenen Reihenfolge deutlich getrennt nacheinander.

Eluent A: Milli-Q-Wasser

Eluent B: 0,10 mol/l NaCl

Gradient

0 min	100% A	0% B
5 min	100% A	0% B
25 min	33% A	67% B
26 min	100% A	0% B

Fluß: 0,75 ml/min

Laufzeit: 26 min (mit Regeneration 36 min)

Detektion: UV 206 nm

Die Detektion der einzelnen Oligosaccharidfraktionen erfolgte mittels eines UV-Detektors bei 206 nm. Die quantitative Berechnung wurde über die Integration der Flächen der einzelnen Peaks durchgeführt.

- 5 Die Oligosaccharidfraktionen Monosialo, Disialo und Trisialo wurden anschließend, wie oben beschrieben, über eine Entsalzungssäule geleitet.

Im dritten Schritt werden die geladenen Oligosaccharide in neutrale Oligosaccharide überführt, indem unter sauren pH-Bedingungen die
10 endständigen Sialinsäurenreste hydrolytisch abgespalten wurden.

Dazu wurden von jeder Oligosaccharidfraktion ca. 15 µl plus 15 µl Milli Q Wasser in ein Mikroteströhrchen gegeben und 30 µl 10 mmol/l H₂SO₄ zugefügt. Anschließend wurde 90 min lang auf 80°C erhitzt.

15

Danach wurde 1 min bei 5000 U/min zentrifugiert und der Ansatz in ein Minivial pipettiert. Die jetzt neutralen Kohlenhydrate werden bei alkalischem pH-Wert zu schwachen Anionen und an eine Anionenaustauschersäule (CarboPac PA1 (4x250 mm) P/N 35391, Dionex) gebunden. Die Elution
20 erfolgt mit einem Gradienten aus

Eluent A: NaOH 0,16 mol/l

Eluent B: NaOH 0,16 mol/l Na-Acetat 0,10 mol/l

Eluent C: NaOH 0,16 mol/l Na-Acetat 0,75 mol/l

25

Gradient:

0 min	95% A	5% B	0% C
2,0 min	95% A	5% B	0% C
3,0 min	85% A	15% B	0% C
4,0 min	85% A	15% B	0% C
28,0 min	37% A	63% B	0% C
28,1 min	90% A	0% B	10% C
45,0 min	20% A	0% B	80% C
45,1 min	95% A	5% B	0% C
50,0 min	95% A	5% B	0% C

Fluß: 1,0 ml/min

Laufzeit: 50 min

Detektion: PAD

Zur Bestimmung der Oligosaccharide wird die PAD (Pulsed Amperometric Detection) verwendet. Das Oligosaccharidmolekül wird elektrochemisch oxidiert und der dabei entstehende Strom gemessen. Die PAD zeichnet sich durch eine hohe Empfindlichkeit aus, so daß ein Nachweis im ng-Bereich ohne Schwierigkeiten möglich ist. Das Ausgangssignal am Detektor (in mV) ist der Menge an Kohlenhydrat direkt proportional. Die Quantifizierung erfolgt über die Integration der Peakflächen.

Die Proben wurden zwischen der Deglykosilierung und der Analyse bei -20°C zwischengelagert.

Literatur:

Townsend (1988): High-performance anion-exchange chromatography of oligosaccharides. Analytical Biochemistry 174, 459-470.

Ergebnisse

1. Lys-C-Mapping

- 5 Das Lys-C-Mapping der Ansätze 11 bis 16 zeigte hinsichtlich der Retentionszeit und der Qualifizierung der Peptide keinen Unterschied zum Ausgangswert.

10 Die Bestimmung des Gehalts von Methioninsulfoxid während der Flüssiglagerung ergab die in den Tabellen 7 (Lagerung für 3 Monate) und 8 (Lagerung für 6 Monate) gezeigten Ergebnisse.

Tabelle 7

	Bezeichnung	Anteil AP4ox	Anteil AP6ox	Anteil AP8ox	Anteil AP10ox
15	to-Wert	< 5%	7,6%	LOD	LOD
	Formulierung 11	7,9%	10,5%	LOD	LOD
	Formulierung 12	< 5%	11,6%	LOD	LOD
	Formulierung 13	< 5%	7,3%	LOD	LOD
	Formulierung 14	< 5%	9,4%	LOD	LOD
20	Formulierung 15	< 5%	8,6%	LOD	LOD
	Formulierung 16	< 5%	10,8%	LOD	LOD

(LOD = nicht nachweisbar)

Tabelle 8

Bezeichnung	Anteil AP4ox	Anteil AP6ox	Anteil AP8ox	Anteil AP10ox
to-Wert	< 5%	7,6%	LOD	LOD
Formulierung 10	7,6%	8,9%	LOD	LOD
Formulierung 11	7,7%	9,5%	LOD	LOD
Formulierung 12	12,0%	13,7%	LOD	LOD
Formulierung 13	7,4%	8,7%	LOD	LOD
Formulierung 14	13,7%	15,7%	LOD	LOD
Formulierung 15	7,4%	7,9%	LOD	LOD
Formulierung 16	18,0%	17,6%	LOD	LOD

Aus Tabelle 7 ist ersichtlich, daß bei einer dreimonatigen Lagerung die methioninhaltigen Ansätze 13 und 15 gegenüber den methioninfreien Ansätzen einen geringeren Anteil an Methioninsulfoxid zeigen. Nach einer sechsmonatigen Lagerung wird der Einfluß des zugesetzten Methionins in den Ansätzen 11, 13 und 15 deutlicher. Dort ist nur eine sehr geringe Zunahme des Gehalts an Methioninsulfoxid nachweisbar. In den methioninfreien Ansätzen nimmt der Gehalt an Methioninsulfoxid etwas stärker zu, liegt aber in der Summe aller oxidierten Methioninanteile zum Gesamtgehalt an Methionin unter 10%.

2. Kohlenhydratbestimmung

In den Tabellen 9a, 9b, 10a, 10b, 11a und 11b sind die Ergebnisse der Kohlenhydratbestimmung nach drei bzw. nach 6 Monaten Lagerzeit angegeben.

Interferon- β -1a besitzt an seiner Aminosäurenkette eine Kohlenhydratstruktur, die sich aus einer definierten Reihenfolge von Monosacchariden aufbaut. Je nach Verzweigungsart spricht man von biantennären (2 Arme), triantennären (3 Arme) und tetraantennären (4 Arme) Strukturen.

5

Die Kohlenhydratstruktur baut sich aus den Monosacchariden Mannose, Fucose, N-Acetylglucosamin, Galactose und Sialinsäure auf.

Dabei nimmt die Sialinsäure in mehrfacher Hinsicht eine Sonderstellung ein:

- 10 - Sie ist das einzige Monosaccharid mit einer geladenen Gruppe (Carboxylgruppe).
- Sie tritt immer endständig in der Kohlenhydratkette auf.
- Sie ist enzymatisch bzw. hydrolytisch wesentlich leichter abspaltbar als die restlichen Monosaccharide.
- 15 - Während die neutrale Kohlenhydratkette in ihrer Struktur sehr konstant ist, treten beim Anteil der Sialinsäure große Schwankungen auf, die unter anderem von der Zellkultur und dem Aufreinigungsverfahren des Interferons abhängig sind.

20 Literatur:

Kagawa et al., J. Biol. Chem. 263 (1988), 17508-17515; EP-A-O 529 300.

Es wurde der Sialostatus (prozentualer Anteil einzelner Sialostrukturen) nach dreimonatiger Lagerung (Tabelle 9a) bzw. sechsmonatiger Lagerung (Tabelle
25 9b) untersucht. Eine Kohlenhydratstruktur, die endständig keine Sialinsäure enthält, wird als Asialo bezeichnet. Eine Kohlenhydratstruktur die endständig eine Sialinsäure enthält, wird als Monosialo bezeichnet. Eine Kohlenhydratstruktur, die endständig zwei Sialinsäuren enthält, wird als Disialo bezeichnet. Eine Kohlenhydratstruktur, die endständig drei Sialinsäu-
30 ren enthält, wird als Trisialo bezeichnet.

Weiterhin wurde die Antennarität (prozentualer Anteil einzelner Verzweigungsarten) nach dreimonatiger Lagerung (Tabelle 10a) bzw. nach sechsmonatiger Lagerung (Tabelle 10b) bestimmt. Eine Kohlenhydratstruktur mit einer Verzweigung und damit zwei endständigen Galactosen wird als biantennär bezeichnet. Sie kann terminal mit null bis zwei Sialinsäuren besetzt sein. Eine Kohlenhydratstruktur mit zwei Verzweigungen und damit drei endständigen Galactosen wird als triantennär bezeichnet. Sie kann terminal mit null bis drei Sialinsäuren besetzt sein.

Außerdem wurde der Sialylierungsgrad (prozentuale Belegung terminaler Galactosereste mit Sialinsäure) nach dreimonatiger Lagerung (Tabelle 11a) bzw. nach sechsmonatiger Lagerung (Tabelle 11b) untersucht.

Aus den Ergebnissen ist ersichtlich, daß durch die Lagerung bei pH 5 eine geringe, aber reproduzierbare Desialylierung stattfindet. Eine Lagerung bei pH 7 beeinflußt den Sialylierungsgrad nicht.

Der in den Ansätzen 15 und 16 angegebene afuco-Anteil stammt vermutlich von Fremdproteinen aus dem zugesetzten Humanserumalbumin, die durch die Anti- β -Chromatographie nicht quantitativ abgetrennt wurden.

Bezüglich der Antennarität erfolgt kein meßbarer Einfluß durch die Flüssiglagerung.

Tabelle 9a

Bezeichnung	Asialo	Monoasialo	Disialo	Trisialo
to-Wert	< 3	13,4	73,4	12,1
Formulierung 11	< 3	14,0	74,1	11,9
Formulierung 12	< 3	12,6	74,9	11,6
Formulierung 13	< 3	16,5	70,4	12,0
Formulierung 14	< 3	16,6	71,1	11,1
Formulierung 15	< 3	15,8	70,0	13,0
Formulierung 16	< 3	15,1	72,0	11,9

Tabelle 9b

Bezeichnung	Asialo	Monosialo	Disialo	Trisialo
to-Wert	< 3	13,4	73,4	12,1
Formulierung 10	< 3	13,9	70,2	15,3
Formulierung 11	< 3	14,5	73,9	11,6
Formulierung 12	< 3	14,0	72,4	13,6
Formulierung 13	< 3	18,6	68,9	11,7
Formulierung 14	< 3	19,0	69,4	10,7
Formulierung 15	< 3	17,0	71,0	11,3
Formulierung 16	< 3	16,1	71,5	12,4

Tabelle 10a

	Bezeichnung	Biantennär	Triantennär 1-> 6	Triantennär + 1 repeat
	to-Wert	74,4	18,1	3,7
5	Formulierung 11	72,9	18,7	3,7
	Formulierung 12	76,9	17,0	2,7
	Formulierung 13	74,7	18,0	3,1
	Formulierung 14	75,9	17,3	2,9
	Formulierung 15	76,2 (inkl. 5% afuco)	18,0	3,3
10	Formulierung 16	76,9 (inkl. 5% afuco)	17,8	3,0

Tabelle 10b

	Bezeichnung	Biantennär	Triantennär 1-> 6	Triantennär + 1 repeat
15	to-Wert	74,4	18,1	3,7
	Formulierung 10	71,4	19,3	4,0
	Formulierung 11	73,0	18,7	3,3
	Formulierung 12	72,3	19,7	3,4
	Formulierung 13	72,4	19,2	3,4
20	Formulierung 14	74,2	18,7	3,2
	Formulierung 15	73,0	18,7	2,8
	Formulierung 16	74,3 (inkl. 4% afuco)	19,7	3,2

Tabelle 11a

Bezeichnung	Sialyierungsgrad
to-Wert	88,3
Formulierung 11	87,0
Formulierung 12	88,2
Formulierung 13	85,8
Formulierung 14	85,8
Formulierung 15	86,6
Formulierung 16	86,9

Tabelle 11b

Bezeichnung	Sialyierungsgrad
to-Wert	88,3
Formulierung 10	87,5
Formulierung 11	86,6
Formulierung 12	87,7
Formulierung 13	84,1
Formulierung 14	84,3
Formulierung 15	85,7
Formulierung 16	86,5